

# SEMICONDUCTOR LASER

Patent number: JP11220224  
Publication date: 1999-08-10  
Inventor: FUKUNAGA TOSHIAKI; WADA MITSUGI  
Applicant: FUJI PHOTO FILM CO LTD  
Classification:  
- international: H01S3/18  
- european:  
Application number: JP19980317644 19981109  
Priority number(s):

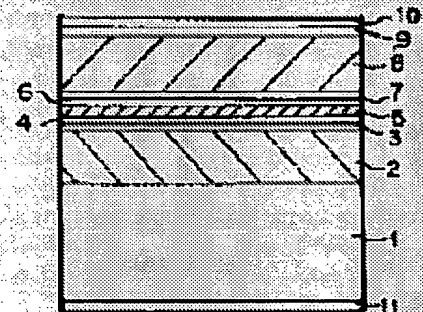
Also published as:

EP0920096 (A2)  
US6127691 (A1)  
EP0920096 (A3)  
EP0920096 (B1)

## Abstract of JP11220224

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve reliability of a semiconductor laser of a wavelength of a 0.8- $\mu$ m band in high-output oscillation.

**SOLUTION:** An n-type Ga<sub>1-z</sub>1 Al<sub>z</sub>1 As clad layer 2, an n-type In<sub>x</sub>1 Ga<sub>1-x</sub>1 As<sub>1-y</sub>1 Py<sub>1</sub> optical waveguide layer 3, an i-type In<sub>x</sub>2 Ga<sub>1-x</sub>2 As<sub>1-y</sub>2 Py<sub>2</sub> tensile strain barrier layer 4, an In<sub>x</sub>3 Ga<sub>1-x</sub>3 As<sub>1-y</sub>3 Py<sub>3</sub> quantum well active layer 5, an i-type In<sub>x</sub>2 Ga<sub>1-x</sub>2 As<sub>1-y</sub>2 Py<sub>2</sub> tensile strain barrier layer 6, a p-type In<sub>x</sub>1 Ga<sub>1-x</sub>1 As<sub>1-y</sub>1 Py<sub>1</sub> optical waveguide layer 7, a p-type Ga<sub>1-z</sub>1 Al<sub>z</sub>1 As clad layer 8 and a p-type GaAs contact layer 9 are successively formed on an n-type GaAs substrate 1. The layers 2 and 8 and the layers 3 and 7 are respectively formed in a compositional ratio which makes a lattice matching with the substrate 1, the total layer thickness of the layers 4 and 6 is formed into a thickness of 10 to 30 nm, and the compositions of the layers 4 and 6 are set on the conditions that the amount of strain of the tensile strains for the layers 4 and 6 be the amount of strain multiplied by the total layer thickness is equal to 0.05 to 0.2 nm.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (J P) (12) 公開特許公報 (A) (11)特許出願公開番号

特開平11-220224

(43)公開日 平成11年(1999) 8月10日

(51)IntCl. <sup>4</sup> H01S 3/18	識別記号 677	FI H01S 3/18	677
審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 16 頁)			

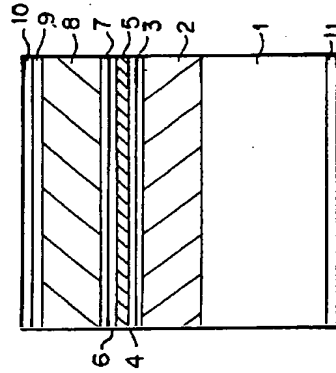
(21)出願番号 特願平10-317644	(71)出願人 富士写真フイルム株式会社 000005201
(22)出願日 平成10年(1998)11月9日	(72)発明者 福永 敏明 神奈川県南足柄市中区710番地
(31)優先権主張番号 特願平9-323176	(72)発明者 和 賀 神奈川県足柄上郡岡成町宮台708番地
(32)優先日 平 9 (1997)11月25日	(72)発明者 井理士 柳田 恒史 (各1名)
(33)優先権主張国 日本 (J P)	(74)代理人 井理士 柳田 恒史 (各1名)

(54)【発明の名称】 半導体レーザ装置

(57)【要約】

【課題】 0.8 μm 帯の半導体レーザにおいて、高出力発振下における信頼性を向上させる。

【解決手段】 n-GaAs 基板 1 上に、n-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As クラッド層 2、n-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波層 3、i-In<sub>x</sub>2 Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>2</sub>2 引張り歪バリ層 4、In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>3P<sub>3</sub> 量子井戸活性層 5、i-In<sub>x</sub>2 Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>2</sub>2 引張り歪バリ層 6、p-In<sub>x</sub>1 Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>1</sub>1 光導波層 7、p-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>As クラッド層 8、p-GaAs コンタクト層 9 を順次形成する。そして各クラッド層 2、8 および各光導波層 3、7 はそれぞれ GaAs 基板 1 に格子整合する組成比とし、引張り歪バリ層 4、6 の合計層厚は 10～30 nm とし、また引張り歪バリ層 4、6 の組成は、引張り歪の歪量が、歪量×合計層厚=0.05～0.2 nm とするものとする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 GaAs 基板上に、p および n 型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>2 量子井戸活性層、In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>3 量子井戸活性層、第二クラッド層、第二光導波層、p 型および n 型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、

前記第一および第二クラッド層が前記 GaAs 基板上に格子整合する組成比からなり、

前記第一および第二光導波層が前記 GaAs 基板上に格子整合する組成比からなり、

前記第一および第二クラッド層が、前記 GaAs 基板上に対して引張り歪を有する、合計層厚 10～30 nm の層であって、

その引張り歪の歪量×合計層厚=0.05～0.2 nm を満たす組成比からなり、

前記 In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>3 量子井戸活性層が、前記 GaAs 基板上に格子整合する組成、もしくは、前記 GaAs 基板上に対して 0.003 までの引張り歪を有する組成比からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 2】 GaAs 基板上に、p 型および n 型の一方の導電性を有する第一クラッド層、第一光導波層、In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>3 量子井戸活性層、In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>3 量子井戸活性層、第二クラッド層、第二光導波層、p 型および n 型の他方の導電性を有する第二クラッド層がこの順に積層されてなる半導体レーザ装置であって、前記第一および第二クラッド層が前記 GaAs 基板上に格子整合する組成比からなり、

前記第一および第二光導波層が前記 GaAs 基板上に格子整合する組成比からなり、

前記第一および第二クラッド層が、前記 GaAs 基板上に対して引張り歪を有する、合計層厚 10～30 nm の層であって、

その引張り歪の歪量×合計層厚=0.05～0.2 nm を満たす組成比からなり、

前記 In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>3 量子井戸活性層が、前記 GaAs 基板上に格子整合する組成、もしくは、前記 GaAs 基板上に対して 0.003 までの引張り歪を有する組成比からなるものであることを特徴とする半導体レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体レーザ装置に関し、詳しくは半導体レーザ装置を構成する半導体層の組成に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、0.7～0.85 μm 帯の半導体レーザとしては、n-GaAs 基板上に、n-AlGaAs クラッド層、n または i-AlGaAs 光導波層、i-AlGaAs 活性層、p または i-AlGaAs 光導波層、p-AlGaAs クラッド層、p-GaAs キャップ層を積層してなる半導体レーザが一般的である。しかし、この構造では活性層に Al を含み、Al は化学的に活性で酸化さ

れやすいため、雰囲気中で形成した共振器端面が劣化しやすく、高信頼性という点で不利である。

【0003】 そこで、オール Al フリーとなる 0.85 μm 帯の半導体レーザとして、IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 6, No. 4 (1994) p. 465 に示されるように n-GaAs 基板上に、n-InGaP クラッド層、アンドローブ InGaAsP 光導波層、GaAs 量子井戸活性層、p-InGaAsP 光導波層、p-InGaP クラッド層、p-GaAs キャップ層からなる半導体レーザが提案されている。しかし、この Al フリーの半導体レーザは量子特性の温度依存性が大きく、最高の出力は 4.2 W と高いが、光出力 1 W 以上で漏れ電流の発生により発光効率が悪くなるといふ欠点を有しており、0.8 μm 近傍の短波長帯では高出力半導体レーザとしては実用上耐えないものである。

【0004】 一方、活性層が Al フリーとなる 0.8 μm 帯の半導体レーザとして、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 34 (1995) pp. L1175-L1177 に示されているような n-GaAs 基板上に n-AlGaAs クラッド層、i-InGaP 光導波層、InGaAsP 量子井戸活性層、i-InGaP 光導波層、p-AlGaAs クラッド層、p-GaAs キャップ層からなる半導体レーザが報告されている。しかし、この半導体レーザは、キャリアのオーバーフローにより量子特性の温度特性が大きいという欠点を持っており、高出力発振時での駆動電流が増大し、発熱に伴う量子温度上昇による信頼性の劣化が生じる。

【0005】 また、IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, Vol. 3, No. 2 (1997) p. 180 に、活性層として、基板に対して圧縮歪を有する組成比の GaInP 半導体を用い、該活性層の圧縮歪をキャンセルする以上の引張り歪を有する AlGaInP 層をサイドバリ層として備えて、レーザ素子の出射端面近傍で結晶構造緩和を生ぜしめ、端面におけるバンドギャップを大きくすることにより、レーザ発振時の光の吸収を小さくして端面での光吸収による素子の劣化を低減し、信頼性を向上した半導体レーザが提案されている。しかしながら、InGaAsP 系の活性層により 800 nm 帯の半導体レーザを構成しようとする場合、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 21 (1982) p. L323 に示すように InGaAsP 系の組成比とバンドギャップとの関係において相分離を起こす組成領域が、圧縮歪を有する組成比と重なるために、InGaAsP 系の半導体層により大きな圧縮歪を有する活性層を形成することが困難であり、上記文献に示されるような信頼性の高い半導体レーザを 800 nm 系半導体レーザにおいて実現することは困難である。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記事情に鑑み、なされたものであって、耐久性があり、かつ、高出力発振下においても信頼性の高い 0.8 μm 帯の半導体レーザを提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明による 1 つの半導



(5)

7  
みとする。次に絶縁膜52aを除去してから、リッジ部および露出している上部第一タクト層48の全面に絶縁膜53を形成する（図面（d1））。次いで、通常のリソグラフィにより、絶縁膜53のリッジ部53aの上面に形成された部分を除去し（図面（e））、露出されたコンタクト層50を覆うようにしてp側電極54を形成し、その後、基板41の研磨を行い（図面（f））、側電極55を形成する（図面（f））。

【0029】その後、試料を劈開して形成した共振器面の一面に高反射率コート、他面に低反射率コートを行い、チップ化して半導体レーザ素子を形成する。上記構造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力のレーザ光を発生させることができる。

【0030】さらにまた、上記と同様のエッチング停止機構を用いて、3回の成長工程を繰り返すことにより埋込み構造の屈折率導波レーザを作成することも可能である。

【0031】次に、本発明の第4の実施形態について説明する。図6は、本発明の第4の実施形態に係る半導体レーザの断面図である。この半導体レーザの構成を、作製方法と併せて説明する。

【0032】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板上に、 $n\text{-In}_0.48\text{Ga}_{0.52}\text{P}$ ラッド層102、 $n$ または $i\text{-In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 光導波層103、 $i\text{-In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 量子井層104、 $i\text{-In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 光導波層105、 $i\text{-In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 量子井層106、 $i\text{-In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 光導波層107、 $p\text{-In}_{1-x}\text{Ga}_x\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ 光導波層108、 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層109を形成する。次いでコンタクト層109の上にp側電極110を形成し、その後基板104を研磨してからn側電極111を形成する。

【0033】次に、試料を図の紙面に垂直な面で劈開し形成した2つの共振器面の一方に高反射率コート、他方に低反射率コートを施して、本実施形態の半導体レーザが完成する。

【0034】本実施形態においても、量子井戸活性層105はGaAs基板101に格子整合する組成、あるいは、この基板101に対して歪0.003までの引張り歪を有する組成とする。さらに量子井戸活性層は多重量子井戸構造であってもよいが、活性層の引張り歪と活性層の合計の厚み（合計層厚）との積は、 $0.1\text{ nm}$ 以内とする。

【0035】また、引張り歪バリア層は、その合計層厚が10~30nmの範囲の所定の厚さで、歪量×合計層厚=0.05~0.2nmとなる組成とする。引張り歪バリア層は、3元の $\text{In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_2}\text{P}$ 引張り歪バリア層であって、もよ

【0036】本実施形態においても、上述の通りの構成を採用していることにより、既に説明した実施形態におけるのと同様の効果が得られる。

【0037】なおこの場合も、単純な全面雷極形成型の

(9)

9  
一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザーが完成する。

【0045】上記構造により、単一横モードを保つたまま、高いレベルの光出力の0.8  $\mu$ m帯のレーザ光を発生させることができる。

【0046】以上は炭素スライブの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広スライブマルチモードにも適用できる。その場合、光導波層の厚みは50〜400nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリア層は、4元の $\ln_{0.5}Ga_{0.5}As_{0.5}P_{0.5}$ から形成してもよい。

【0047】次に、本発明の第6の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図8に示す。以下、この半導体レーザの層構成を作製方法と併せて説明する。

【0048】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板141上に、 $n^+In_0.48Ga_{0.52}Qz$ クラッド層142、 $n$  または  $i-In_{x_1}Ga_{1-x_1}As_{1-y_1}Py_1$  光導波層143、 $i-In_2Ga_{2-2x_2}As_{2-y_2}Py_2$  活性層144、 $In_3Ga_{3-3x_3}As_{3-y_3}Py_3$  量子井戸層145、 $i-In_4Ga_{4-4x_4}As_{4-y_4}Py_4$  引張り至バリア層146、 $p$  または  $i-In_{x_1}Ga_{1-x_1}As_{1-y_1}Py_1$  光導波層147、 $p^+In_{0.48Ga_{0.52}Qz}$ クラッド層148、 $p$ -GaAsキャップ層149を順次堆積し、さらにこのキャップ層149上に $SiO_2$ 等の絶縁膜150を形成する(図8(a))。

【0049】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜150の中央部に幅 $3\ \mu\text{m}$ 程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅 $6\ \mu\text{m}$ 程度のストライプ状の絶縁膜150を除去する。そして、この残されたストライプ状の絶縁膜150をマスクとしてウエットエッチングにより、 $p$ または $n$ - $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{P}_{1-y}$ 、光導波路147の上面までエピタキシャル層を除去してリッジ構造ライプを形成する。

【0050】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水系のものを用いて $p$ -GaAsキャップ層49をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いて $p$ -In<sub>0.48</sub>Ga<sub>0.52</sub>クラッド層148を除去すれば、エッチングが $p$  または $i$ -In<sub>0.48</sub>Ga<sub>0.52</sub>xAs<sub>1-y</sub>Py<sub>1</sub> 光導波層47の上面で自動的に停止する。

【0051】その後、選択成長により、クラッド層148より屈折率の小さい、厚みが $1\text{ }\mu\text{m}$ 程度の、基板141に格子整合する $n\text{-In}_{0.48}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_{1-x})_{2-1}$   $0.52\text{P}$ 電流阻止層151を形成する(図4(b))。

【0052】なお、 $-In_0.48(A_{1.2}Ga_{1-z_1})_{0.52}P_{0.52}$ 層と閉層15の組成と、 $p$  または  $-In_{x_1}Ga_{1-x_1}(As_{1-y_1}Py)_y$  光吸収層17の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の増倍率に依り、単一基本モードによる近傍共振域が、高出力領域まで達成できるように組成、厚みとする。

【0053】次に絶縁層150を除去して、 $p-GaAs$ コンタクト層152を形成し、さらにこの  $p-GaAs$ コンタクト層152の上に  $p$  側電極層153を形成し、その後、基盤141の研削を

10

行なつてから  $n$  個電極 154 を形成する (同図 (c))。【0054】次に、試料を劈開して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0055】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8  $\mu\text{m}$  帯のレーザ光を発生させることができる。

【0056】以上は炭素スライプの単一膜モードレザについて述べたが、上記構造は幅広スライプマルチモードにも適用できる。その場合、光波長の厚みは50〜400 nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリア層は、3元の $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{-yP}$  から形成してもよい。

【0057】次に、本発明の第7の実施形態に係る半導体レーザの断面形状を、その作製工程途中の状態と共に図9に示す。以下、この半導体レーザの層構成を製作方法と併せて説明する。

【0058】有機金属相成法によりn-GaAs基板161上に、 $n\text{-In}_0.48\text{Ge}_0.52$ クラッド層162、 $n$ または $i\text{-In}_{x_1}\text{Ga}_{1-x_1}\text{As}_{1-y_1}\text{P}_{y_1}$ 光吸収層163、 $i\text{-In}_{x_2}\text{Ga}_{1-x_2}\text{As}_{1-y_2}\text{P}_{y_2}$ 量子井戸層164、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$ 量子井戸活性層165、 $i\text{-In}_{x_4}\text{Ga}_{1-x_4}\text{As}_{1-y_4}\text{P}_{y_4}$ 光吸収層167、 $p$ または $i\text{-In}_{x_5}\text{Ga}_{1-x_5}\text{As}_{1-y_5}\text{P}_{y_5}$ クラッド層168、 $p\text{-In}_{x_6}\text{Ga}_{1-x_6}\text{As}_{1-y_6}\text{P}_{y_6}$ エッチング阻止層(厚さ10nm程度)169、 $p\text{-In}_{x_7}\text{Ga}_{1-x_7}\text{As}_{1-y_7}\text{P}_{y_7}$ エッチング阻止層(厚さ10nm程度)170、 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層171を順次調製し、さらにこの $p\text{-GaAs}$ コンタクト層171の上に $\text{SiO}_2$ 等の絶縁層172を形成する(図9(a))。

基板161に格子歪み、かつ量子井戸活性層165よりもバンドギャップが大きい組成とする。

【0059】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜172の中央部に幅 $3\ \mu\text{m}$ 程度のストライプ状部分を残して、その両サイドの幅 $6\ \mu\text{m}$ 程度のストライプ状の絶縁膜172を残す。そして、この残されたストライプの絶縁膜172をマスクとしてリソエッチングにより、 $\text{p}^+\text{-In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{P}_y$  エッチング阻止層169の上面までエピタキシャル層を成長してリソジストライプを形成する。

【0060】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素系のものを用いてp-GaAsコンタクト層171をエッチングし、塩酸系のエッチング液を用いてp-In<sub>0.48</sub>Ga<sub>0.52</sub>上層部二クラッド層170を除去すれば、エッチングがp-In<sub>0.48</sub>Ga<sub>0.52</sub>-x<sub>4</sub>As<sub>1-y</sub>q<sub>4</sub> エッチング阻止層169の上面で自動的に停止する。

【0061】なお、 $p$  または  $i - \ln_x [\text{Ga}(1-x)(\text{As}_1-y)_y]_y$  光導波路167および  $i - \ln_x [\text{Ga}(1-x)(\text{As}_1-y)_y]_y$  光導波路168の厚みは、共振器の中央部のリッジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような厚みとする。

(7)

11  
【00662】次に絶縁膜172を除去してから絶縁膜173を形成し(同図(b))、その後通常のリソグラフィによりリジストライアソ上の絶縁膜173を除去して、その上にp側電極174を形成し、その後、基板161の研削を行なってからn側電極175を形成する(同図(c))。

【00663】次に、試料を劈開して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザー素子が完成する。

10  
【00664】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【00665】以上は狭ストライアの単一横モードレーザーについて述べたが、上記構造は幅広ストライアルチモードにも適用できる。その場合、光導波層と上部第一ラッド層の合計の厚みは100~400nmの間に設定すればよい、また引張り歪バリ層は、3元のIn<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>2Pから形成してもよい。

20  
【00666】図10は、本発明の第8の実施形態に係る半導体レーザーの断面図である。この半導体レーザーの構成を、作製方法と併せて説明する。

【00667】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板201上に、n-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52Pラッド層202、nまたは-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層203、i-In<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>3As<sub>1-y</sub>2P<sub>y</sub>2 引張り歪バリ層204、In<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>3As<sub>1-y</sub>2P<sub>y</sub>2 量子井戸活性層205、i-In<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>2As<sub>1-y</sub>2P<sub>y</sub>2 引張り歪バリ層206、pまたは-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層207、p-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52Pラッド層208、p-GaAsコンタクト層209を順次積層する。

30  
【00668】次にp-GaAsコンタクト層209の上にp側電極210を形成し、その後、基板201の研削を行なってからn側電極211を形成する。次に、試料を劈開して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザー素子が完成する。

【00669】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

40  
【00670】なおこの場合も、単純な全面電極形成型の半導体レーザーについて説明したが、上記の構成に絶縁膜ストライアを形成して利得増強型ストライアルレーザーとしてもよい、さらに、本実施形態の半導体レーザーの層構成を、通常のフォトリソグラフィやドライエッチングを用いて作製される、屈折率増強増付き半導体レーザー、回折格子付きの半導体レーザー、もしくは、光集積回路等に適用することもできる。

【00671】また、上記実施形態では、GaAs基板はn型の導電性のもを用いているが、p型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

12

【00672】さらに、活性層は多重量子井戸構造であってもよいが、活性層の引張り歪量と活性層の合計の厚み(合計層厚)との積は、0.1nm以内とする。また、引張り歪バリ層は、3元のIn<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>2P<sub>y</sub>2引張り歪バリ層層であってよい。

【00673】次に本発明の第9の実施形態に係る半導体レーザーの断面図を、その作製工程途中の状態と共に図11に示す。以下、この半導体レーザーの層構成を作製方法と併せて説明する。

10  
【00674】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板221上に、n-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52Pラッド層222、nまたは-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層223、i-In<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>3As<sub>1-y</sub>2P<sub>y</sub>2 引張り歪バリ層224、In<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>3As<sub>1-y</sub>2P<sub>y</sub>2 量子井戸活性層225、i-In<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>2As<sub>1-y</sub>2P<sub>y</sub>2 引張り歪バリ層226、pまたは-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層227、p-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52Pラッド層228、p-GaAsコンタクト層229を順次積層し、さらにこのコンタクト層229上にSiO<sub>2</sub>等の絶縁膜230を形成する(図11(a))。

20  
【00675】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜230の中央部に幅3 μm程度のストライア状部分を残して、その両サイドの幅6 μm程度のストライア状の絶縁膜230を除去する。そして、この残されたストライア状の絶縁膜230をマスクとしてエッチエッチングにより、pまたは-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層227の上面までエッチエッチング層を除去してリソジストライアを形成する。

30  
【00676】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水のものを用いてp-GaAsコンタクト層229をエッチングし、増強系のエッチング液を用いてp-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52Pラッド層228を除去すれば、エッチングが止まり、または-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層227の上面で自動的に停止する。なお、または-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層227の厚みは、共振器の中央部のリソジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような厚みとする。

40  
【00677】次に絶縁膜230を除去後、リソジ前および露出している光導波層227の全面に絶縁膜231を形成する(同図(b))。次に、通常のリソグラフィにより、リソジストライア面上の絶縁膜231を除去し、露出したコンタクト層229を露出するようにp側電極232を形成し、その後、基板221の研削を行なってからn側電極233を形成する(同図(c))。

【00678】次に、試料を劈開して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザー素子が完成する。

【00679】上記構造により、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

13

【00680】以上は狭ストライアの単一横モードレーザーについて述べたが、上記構造は幅広ストライアルチモードにも適用できる。その場合、光導波層の厚みは50~400nmの間に設定すればよい、また引張り歪バリ層は、4元のIn<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>2As<sub>1-y</sub>2P<sub>y</sub>2から形成してもよい。

【00681】次に、本発明の第10の実施形態に係る半導体レーザーの断面図を、その作製工程途中の状態と共に図12に示す。以下、この半導体レーザーの層構成を作製方法と併せて説明する。

10  
【00682】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板241上に、n-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52Pラッド層242、nまたは-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層243、i-In<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>3As<sub>1-y</sub>2P<sub>y</sub>2 引張り歪バリ層244、In<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>3As<sub>1-y</sub>2P<sub>y</sub>2 量子井戸活性層245、i-In<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>2As<sub>1-y</sub>2P<sub>y</sub>2 引張り歪バリ層246、pまたは-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層247、p-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52Pラッド層248、p-GaAsコンタクト層249を順次積層し、さらにこのキヤップ層249上にSiO<sub>2</sub>等の絶縁膜250を形成する(図12(a))。

20  
【00683】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜250の中央部に幅3 μm程度のストライア状部分を残して、その両サイドの幅6 μm程度のストライア状の絶縁膜250を除去する。そして、この残されたストライア状の絶縁膜250をマスクとしてエッチエッチングにより、pまたは-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層247の上面までエッチエッチング層を除去してリソジストライアを形成する。

30  
【00684】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水のものを用いてp-GaAsコンタクト層249をエッチングし、増強系のエッチング液を用いてp-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52Pラッド層248を除去すれば、エッチングが止まり、または-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層247の上面で自動的に停止する。

【00685】その後、選択成長により、クラッド層248より屈折率の小さい、厚みが1 μm程度の、基板241に格子整合するn-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52P電流阻止層251を形成する(同図(b))。

40  
【00686】なお、または-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52P電流阻止層251の組成と、pまたは-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層227の厚みは、共振器の中央部のリソジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような組成、厚みとする。

【00687】次に絶縁膜250を除去して、p-GaAsコンタクト層252を形成し、さらにこのp-GaAsコンタクト層252の上にp側電極253を形成し、その後、基板241の研削を行なってからn側電極254を形成する(同図(c))。

【00688】次に、試料を劈開して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チップ化することにより半導体レーザー素子が完成する。

(8)

14  
【00689】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保ったまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【00690】以上は狭ストライアの単一横モードレーザーについて述べたが、上記構造は幅広ストライアルチモードにも適用できる。その場合、光導波層の厚みは50~400nmの間に設定すればよい、また引張り歪バリ層は、3元のIn<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>2P<sub>y</sub>2から形成してもよい。

10  
【00691】次に、本発明の第11の実施形態に係る半導体レーザーの断面図を、その作製工程途中の状態と共に図13に示す。以下、この半導体レーザーの層構成を作製方法と併せて説明する。

20  
【00692】有機金属気相成長法によりn-GaAs基板261上に、n-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52Pラッド層262、nまたは-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層263、i-In<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>3As<sub>1-y</sub>2P<sub>y</sub>2 引張り歪バリ層264、In<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>3As<sub>1-y</sub>2P<sub>y</sub>2 量子井戸活性層265、i-In<sub>2</sub>Ga<sub>1-x</sub>2As<sub>1-y</sub>2P<sub>y</sub>2 引張り歪バリ層266、pまたは-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層267、p-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52Pラッド層268、p-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 エッチング阻止層(厚み10nm程度) 269、p-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52P上部第二ラッド層270、p-GaAsコンタクト層271を順次積層し、さらにこのp-GaAsコンタクト層271の上にSiO<sub>2</sub>等の絶縁膜272を形成する(図13(a))。なお、p-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 エッチング阻止層269は、基板261に格子整合し、かつ量子井戸活性層265よりもバンドギャップが大きい組成とする。

30  
【00693】この後、通常のリソグラフィにより、絶縁膜272の中央部に幅3 μm程度のストライア状部分を残して、その両サイドの幅6 μm程度のストライア状の絶縁膜272を除去する。そして、この残されたストライア状の絶縁膜272をマスクとしてエッチエッチングにより、p-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 エッチング阻止層269の上面までエッチエッチング層を除去してリソジストライアを形成する。

40  
【00694】このとき、エッチング液として硫酸と過酸化水素水のものを用いてp-GaAsコンタクト層271をエッチングし、増強系のエッチング液を用いてp-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52P上部第二ラッド層270を除去すれば、エッチングが止まり、または-In<sub>0.48</sub>(Ga<sub>1-x</sub>1As<sub>1-y</sub>1P<sub>y</sub>)1 光導波層267およびp-In<sub>0.48</sub>(Al<sub>0.52</sub>Ga<sub>1-x</sub>2) 0.52P上部第一ラッド層268の厚みは、共振器の中央部のリソジ構造の幅の導波路において、単一基本モードによる屈折率導波が高出力領域まで達成できるような厚みとする。

【00695】次に絶縁膜272を除去してから絶縁膜273を形成し(同図(b))、その後通常のリソグラフィによりリソジストライアの絶縁膜273を除去して、その上にp側電極274を形成し、その後、基板261の研削を行

50

50

(9)

15  
なつてからn側電極275を形成する(図面(c))。  
【0097】次に、材料を剥離して形成した共振器面の一面、他面にそれぞれ高反射率コート、低反射率コートを施し、その後、チャップ化することにより半導体レーザ素子が完成する。

【0098】上記構造によりこの場合も、単一横モードを保つたまま、高いレベルの光出力の0.8 μm帯のレーザ光を発生させることができる。

【0099】以上はポストライフの単一横モードレーザについて述べたが、上記構造は幅広いストライプアルチモードにも適用できる。その場合、光導波管と上部クラッド層の合計の厚みは100~400nmの間に設定すればよい。また引張り歪バリ層は、3元のIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xPかよい。また引張り歪バリ層は、3元のIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xPから形成してもよい。また、この実施の形態では、GaAs基板はn型の導電性のものを用いているが、p型の導電性の基板を用いることも可能であり、その場合は上述した全ての導電性を反対にすればよい。

【0100】さらに、以上説明した実施の形態では特に量子井戸が単一で、光導波管組成が一定のSQW-SCHと呼ばれる構造を示したが、SQWの代わりに量子井戸を複数とするMQWとしてもよい。

【0101】また、前記In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xPの活性層の組成比等を制御することにより、発振波長は、780nm<λ<850nmの範囲で制御が可能である。

【0102】また、半導体層の成長法としては上述の有機金属気相成長法の他、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法を用いてもよい。

【0103】なお、本発明の半導体レーザは高速な情報・画像処理および通信、計測、医療、印刷等の分野での光源としても応用可能である。

【図面の簡単な説明】  
【図1】本発明の第1実施形態による半導体レーザを示す断面図  
【図2】上記第1実施形態による半導体レーザと比較例との最高光出力を示すグラフ  
【図3】上記第1実施形態による半導体レーザと比較例との閾値電流の温度依存性を示すグラフ  
【図4】本発明の第2実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図  
【図5】本発明の第3実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図  
【図6】本発明の第4実施形態による半導体レーザを示す断面図  
【図7】本発明の第5実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図  
【図8】本発明の第6実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図  
【図9】本発明の第7実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図  
【図10】本発明の第8実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図

16

おおよその作製工程途中の状態を示す断面図  
【図11】本発明の第9実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図  
【図12】本発明の第10実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図  
【図13】本発明の第11実施形態による半導体レーザ、およびその作製工程途中の状態を示す断面図  
【符号の説明】

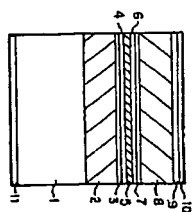
- 1 n-GaAs基板
- 2 n-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>2x</sub>Asクラッド層
- 3 n または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 4 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>2</sub> 引張り歪バリ層
- 5 In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>3</sub> 量子井戸活性層
- 6 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>4</sub> 引張り歪バリ層
- 7 p または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 8 p-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>2x</sub>As クラッド層
- 9 p-GaAsコンタクト層
- 10 p側電極
- 11 n側電極
- 20 n-GaAs基板
- 21 n-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>2x</sub>Asクラッド層
- 22 i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 23 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>2</sub> 引張り歪バリ層
- 24 In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>3</sub> 量子井戸活性層
- 25 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>4</sub> 引張り歪バリ層
- 26 i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 27 p-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>2x</sub>As クラッド層
- 28 p-GaAsコンタクト層
- 29 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP エッチング阻止層
- 30 p-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>2x</sub>As 上部第二クラッド層
- 31 p-GaAsコンタクト層
- 34 p側電極
- 35 n側電極
- 41 n-GaAs基板
- 42 n-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>2x</sub>Asクラッド層
- 43 n または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 44 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>2</sub> 引張り歪バリ層
- 45 In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>3</sub> 量子井戸活性層
- 46 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>4</sub> 引張り歪バリ層
- 47 p または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 48 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP エッチング阻止層
- 49 p-Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>2x</sub>As 上部第二クラッド層
- 50 p-GaAsコンタクト層
- 54 p側電極
- 55 n側電極
- 101 n-GaAs基板
- 102 n-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 103 n または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 104 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>2</sub> 引張り歪バリ層
- 105 In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>3</sub> 量子井戸活性層

(10)

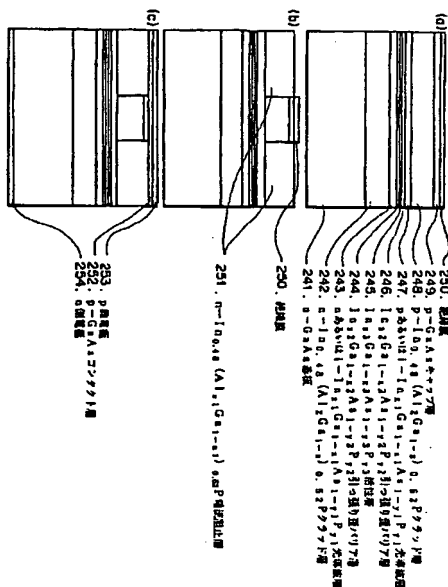
- 106 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>4</sub> 引張り歪バリ層
- 107 p または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 108 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 109 p-GaAsコンタクト層
- 110 p側電極
- 111 n側電極
- 121 n-GaAs基板
- 122 n-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 123 n または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 124 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>2</sub> 引張り歪バリ層
- 125 In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>3</sub> 量子井戸活性層
- 126 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>4</sub> 引張り歪バリ層
- 127 p または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 128 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 129 p-GaAsコンタクト層
- 132 p側電極
- 133 n側電極
- 141 n-GaAs基板
- 142 n-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 143 n または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 144 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>2</sub> 引張り歪バリ層
- 145 In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>3</sub> 量子井戸活性層
- 146 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>4</sub> 引張り歪バリ層
- 147 p または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 148 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 149 p-GaAsコンタクト層
- 152 p側電極
- 153 p側電極
- 154 n側電極
- 161 n-GaAs基板
- 162 n-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 163 n または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 164 In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>2</sub> 引張り歪バリ層
- 165 In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>3</sub> 量子井戸活性層
- 166 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>4</sub> 引張り歪バリ層
- 167 p または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 168 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP 上部第一クラッド層
- 169 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>2</sub> エッチング阻止層
- 170 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>3</sub> エッチング阻止層
- 171 p-GaAsコンタクト層
- 174 p側電極
- 175 n側電極
- 201 n-GaAs基板
- 202 n-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 203 n または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 204 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>4</sub> 引張り歪バリ層
- 205 In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>2</sub> 引張り歪バリ層
- 206 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>3</sub> 量子井戸活性層
- 207 p または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 208 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 209 p-GaAsコンタクト層
- 210 p側電極
- 211 n側電極
- 221 n-GaAs基板
- 222 n-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 223 n または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 224 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>2</sub> 引張り歪バリ層
- 225 In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>3</sub> 量子井戸活性層
- 226 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>4</sub> 引張り歪バリ層
- 227 p または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 228 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 229 p-GaAsコンタクト層
- 232 p側電極
- 233 n側電極
- 241 n-GaAs基板
- 242 n-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 243 n または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 244 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>2</sub> 引張り歪バリ層
- 245 In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>3</sub> 量子井戸活性層
- 246 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>4</sub> 引張り歪バリ層
- 247 p または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 248 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 249 p-GaAsコンタクト層
- 252 p側電極
- 253 p側電極
- 254 n側電極
- 261 n-GaAs基板
- 262 n-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 263 n または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 264 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>2</sub> 引張り歪バリ層
- 265 In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>3</sub> 量子井戸活性層
- 266 i-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>4</sub> 引張り歪バリ層
- 267 p または i-In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As<sub>1-y</sub>P<sub>y</sub>1 光導波管
- 268 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP クラッド層
- 269 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>2</sub> エッチング阻止層
- 270 p-In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>xP<sub>3</sub> エッチング阻止層
- 271 p-GaAsコンタクト層
- 274 p側電極
- 275 n側電極

(11)

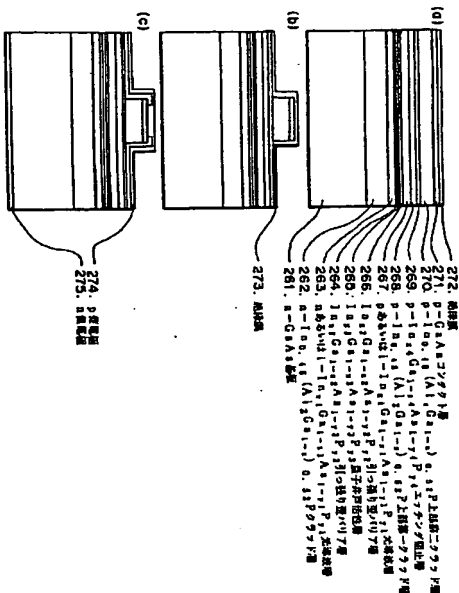
【図1】



【図2】

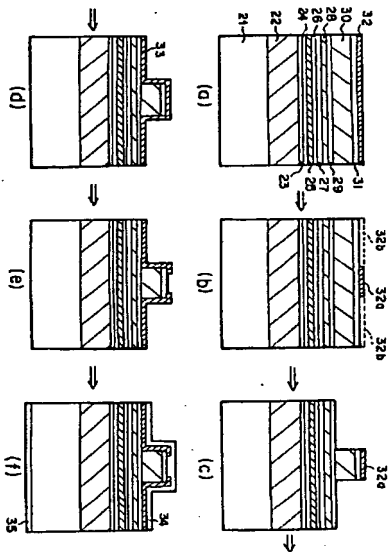


【図3】

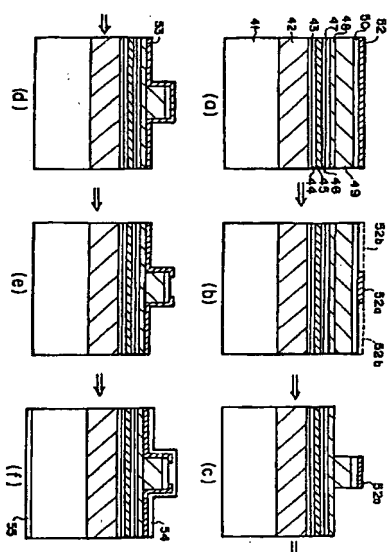


(12)

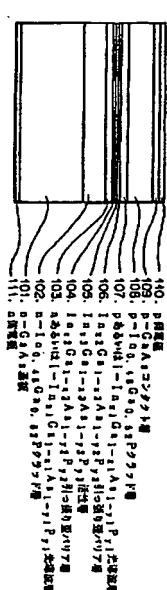
【図4】



【図5】

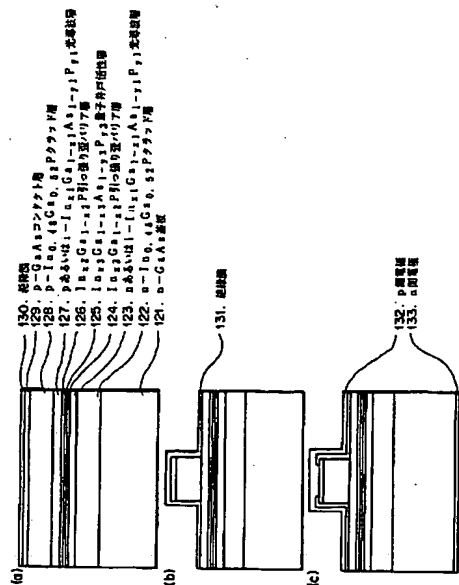


【図6】

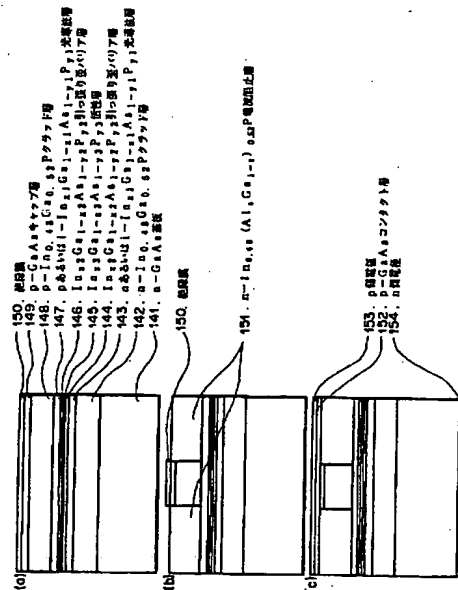


(13)

【图7】

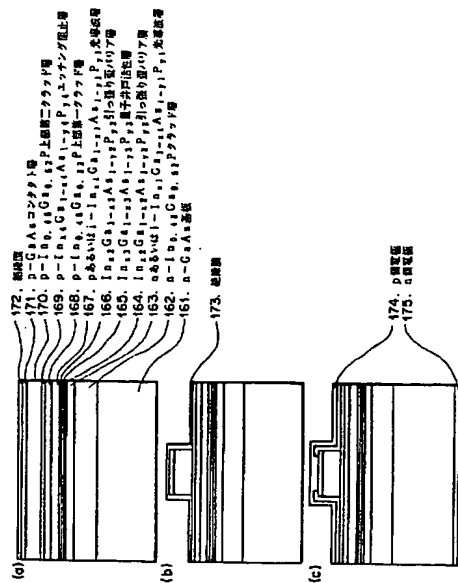


【例8】



(14)

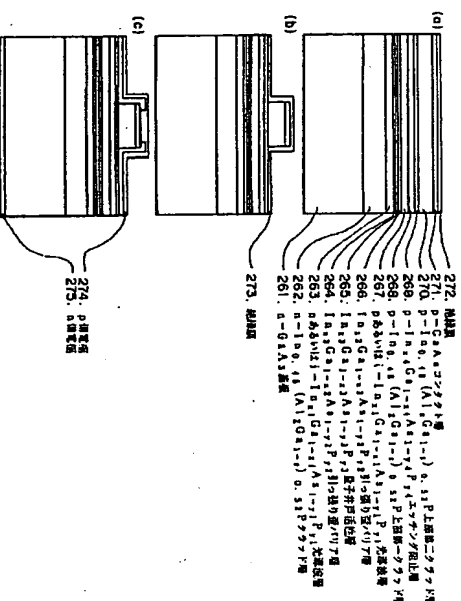
【6回】



【图10】



【圖 11】



【图 1-3】

(d) 250. 組織  
249.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
248.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
247.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
246.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
245.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
244.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
243.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
242.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
241.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$

(b) 250. 組織  
249.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
248.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
247.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
246.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
245.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
244.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
243.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
242.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
241.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$

(c) 251.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
249.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
248.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
247.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
246.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
245.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
244.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
243.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
242.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$   
241.  $g-O-A^{*}+77^{\circ}$

置であって、